

UP

2005-07-21

TI

Radio communications apparatus for reducing absorption into users head tissue has electrically-conductive correction element coupled to circuit board to increase notional current path for current resulting from radio fields in antenna

PN

DE10204877-A1



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 102 04 877.0
22 Anmeldetag: 6. 2. 2002
43 Offenlegungstag: 14. 8. 2003

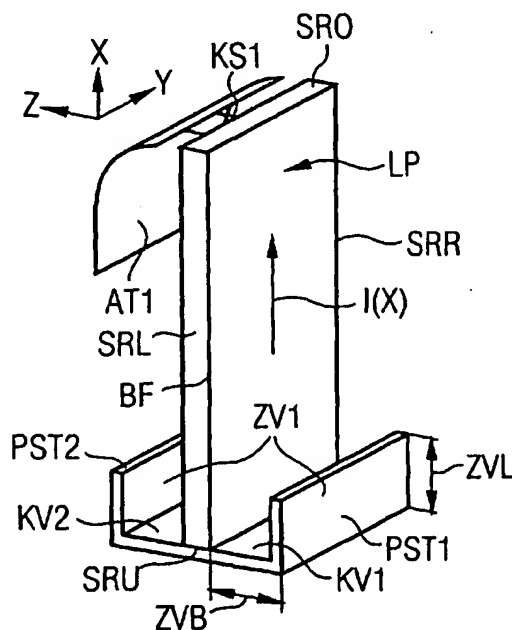
71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Huber, Stefan, 80798 München, DE; Kowalski,
Thorsten, 81737 München, DE; Oelschläger, Martin,
Dr., 12247 Berlin, DE; Schreiber, Michael, Dr., 85655
Göggenhofen, DE; Weinberger, Martin, Dr., 81373
München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Funkkommunikationsgerät sowie Leiterplatte mit mindestens einem stromleitfähigen Korrekturelement

57 Bei einem Funkkommunikationsgerät (MP) ist an der Leiterplatte (LP) mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrekturelement (ZV1) derart angekoppelt und ausgebildet, dass für einen auf der Leiterplatte (LP) entwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne (AT1) hervorgerufenen elektrischen Strom $I(X)$ eine gezielte, fiktive Stromwegverlängerung (WV) unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der vorgegebenen Längs- und Querabmessung der Leiterplatte (LP) bewirkt ist.



[0001] Die Erfindung betrifft ein Funkkommunikationsgerät mit mindestens einer in einem Gehäuse untergebrachten Leiterplatte vorgegebener Längs- sowie Querabmessung, und mit mindestens einer Antenne zum Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern, die an diese Leiterplatte angekoppelt ist.

[0002] Durch die Leistungsabstrahlung von Funkkommunikationsgeräten, insbesondere von Mobilfunkgeräten oder Schnurlostelefonen wie z. B. nach dem DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) wird üblicherweise auch ein gewisser Leistungsanteil der elektromagnetischen Funkstrahlungsfelder in den menschlichen Körper eingestrahlt. Insbesondere kann beim bestimmungsgemäßen Anlegen des Funkkommunikationsgeräts an den Kopf des jeweiligen Benutzers organisches Gewebe im Kopf unzulässig stark belastet werden. Aus diesem Grund sind Grenzwerte für die thermische Leistungsabsorption für organisches Gewebe bei Menschen festgelegt worden. Als ein spezifisches Messkriterium dafür, welchen Strahlungsbelastungen der jeweilige Benutzer tatsächlich ausgesetzt ist, wird der sogenannte SAR-Wert (= Specific Absorption Rate) verwendet. Dieser gibt die spezifische Absorptionsrate in Watt pro Kilogramm an, mit der ein vorgegebener Gewebsvolumenbereich erwärmt wird.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie ein Funkkommunikationsgerät hinsichtlich seiner elektromagnetischen Strahlungscharakteristik verbessert kontrolliert eingestellt werden kann. Diese Aufgabe wird bei einem Funkkommunikationsgerät der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass an der Leiterplatte mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrektorelement derart angekoppelt und ausgebildet ist, dass für einen auf der Leiterplatte etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne hervorgerufenen elektrischen Strom eine gezielte, fiktive Stromwegverlängerung unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der vorgegebenen Längs- und Querabmessung der Leiterplatte bewirkt ist.

[0004] Auf diese Weise lässt sich in gezielter, d. h. kontrollierbarer Weise, die örtliche Verteilung des resultierenden, elektrischen Stromes auf der Leiterplatte verbessert einstellen.

[0005] Durch die mit Hilfe des zusätzlichen, stromleitfähigen Korrektorelements bewirkte Stromwegverlängerung auf der Leiterplatte ist es insbesondere ermöglicht, dort die örtliche Stromverteilung derart zu beeinflussen, dass ein etwaig vorhandenes örtliches Maximum des elektrischen Stromes bzw. eines damit in Verbindung stehenden magnetischen Feldes in einen unkritischeren Gerätebereich verschoben und/oder reduziert werden kann. In vorteilhafter Weise ist es insbesondere ermöglicht, unzulässig starke "Hot Spots", d. h. Gewebsvolumenbereiche höherer SAR-Werte gegenüber Gewebsvolumenbereichen geringerer SAR-Werte, und somit lokale örtliche Schwankungen in der thermischen Belastung von Gewebsvolumenbereichen – wie z. B. im Kopfbereich des jeweiligen Benutzers beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts – zu reduzieren oder gar weitgehend zu vermeiden. Die SAR-Verteilung kann durch mindestens ein solches zusätzliches Korrektorelement insgesamt betrachtet zumindest gleichmäßiger bzw. homogener im Vergleich zur SAR-Verteilung derselben Leiterplatte ohne Korrektorelement gemacht werden. Darüber hinaus lässt sich in vorteilhafter Weise eine Verbesserung der Antennenimpedanzanpassung des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts und damit auch eine verbesserte Leistungsabstrah-

lung erreichen, was insbesondere bei geringen, relativ kompakten Geräteabmessungen günstig ist.

[0006] Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0007] Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0008] Es zeigen:

[0009] Fig. 1 schematisch in räumlicher Darstellung die Leiterplatte sowie die daran angekoppelte Funkantenne eines konventionellen Mobilfunkgeräts,

[0010] Fig. 2 in schematischer Darstellung die örtliche Verteilung des für den SAR-Effekt wirksamen elektrischen Stromes, der beim Betrieb des Mobilfunkgeräts entlang der Längserstreckung der Leiterplatte von Fig. 1 annäherungsweise zum Fließen kommt,

[0011] Fig. 3 schematisch in räumlicher Darstellung eine Leiterplatte für ein Funkkommunikationsgerät, an die gegenüber der Leiterplatte von Fig. 1 zusätzlich ein erfindungsgemäß stromwegverlängerndes Korrektorelement angekoppelt ist,

[0012] Fig. 4 die örtliche Verteilung des elektrischen Stromflusses entlang der Längserstreckung der Leiterplatte von Fig. 3 mit dem zusätzlich angekoppelten, stromwegverlängernden Korrektorelement,

[0013] Fig. 5 mit 7 in schematischer Darstellung weitere Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäßen Korrektorelementen, die jeweils an die Leiterplatte eines Funkkommunikationsgeräts angekoppelt sind,

[0014] Fig. 8, 9 jeweils den Stromflussverlauf entlang der Längserstreckung der Leiterplatte von Fig. 1 ohne und mit einem weiteren, modifizierten, stromwegverlängernden Zusatzelement,

[0015] Fig. 10 in schematischer Darstellung ein erfindungsgemäßes Funkkommunikationsgerät mit einer Leiterplatte sowie mit dem zusätzlichen, stromwegverlängernden Korrektorelement nach Fig. 9 bei seinem bestimmungsgemäßen Gebrauch am Kopf eines Benutzers, und

[0016] Fig. 11, 12 in schematischer Darstellung jeweils eine Leiterplatte mit einem abgewandelten, erfindungsgemäß angekoppelten Korrektorelement zur virtuellen Stromwegverlängerung.

[0017] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Fig. 1 mit 12 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0018] Fig. 1 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung eine Leiterplatte LP, wie sie üblicherweise im Gehäuse eines Funkkommunikationsgeräts wie z. B. eines Mobilfunk- oder Schnurlostelefons untergebracht ist. In der Fig. 10 ist beispielsweise eine solche Leiterplatte LP im Inneren des Gehäuses GH eines Mobilfunkgeräts MP vorgesehen, das dort in Seitenansicht bei seinem bestimmungsgemäßen Gebrauch am Kopf HE eines Benutzers schematisch gezeichnet ist. Das Mobilfunkgerät MP ist vorzugsweise als Mobilfunktelefon ausgebildet, das insbesondere nach dem GSM (Global System for Mobile Communications), IS95, IS136, IS2000, DCS1900, GPRS (General Packet and Radio Service), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)-Standard arbeitet. Es ist vorzugsweise derart dimensioniert, dass es für einen Benutzer portabel ist und sich somit mit dem Benutzer an wechselnden Orten in den Funkzellen solcher Funkkommunikationssysteme aufhalten kann. Zusätzlich oder unabhängig von der Sprachübertragungs- bzw. Telefonierfunktion eines solchen Mobilfunkgeräts kann dieses gegebenenfalls auch die Funktion erfüllen, andere Nachrichten wie z. B. Daten, Bilder, Faxnachrichten, E-Mails, oder dergleichen zu übertragen.

[0019] Weiterhin kann eine Leiterplatte entsprechend

Fig. 1 auch im Gehäuse eines sonstigen Schnurlostelefon integriert sein, das seinen Kommunikationsverkehr über Funk mit einer lokalen Basisstation oder anderen Teilnehmergeräten abwickelt. Solche Schnurlostelefone arbeiten derzeit vorzugsweise nach dem sogenannten DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) oder Bluetooth-Standard.

[0020] Die Leiterplatte LP von Fig. 1 weist räumlich betrachtet im wesentlichen eine flach rechteckförmige Quaderform auf, d. h. ihre vier Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU bilden zusammengesetzt die Außenkontur eines Rechtecks, dessen Längserstreckung größer als dessen Breite ist. Ihre räumlich geometrischen Verhältnisse sind dadurch veranschaulicht, dass in Fig. 1 zusätzlich die Koordinaten X, Y und Z eines kartesischen Koordinatensystems mit eingezeichnet sind. Dabei erstreckt sich die X-Koordinate entlang den Längsseiten SRL, SRR der Leiterplatte LP, während die Y-Richtung parallel zu den Breitseiten SRO, SRU der Leiterplatte LP verläuft. Die Bauelementbestückungsfläche BF der Leiterplatte LP liegt somit im wesentlichen in der X, Y-Ebene. Die Z-Richtung ist dabei der Höhe bzw. Dicke H der Leiterplatte LP mit ihren verschiedenen Komponenten wie z. B. Hochfrequenzbaugruppe HB1 und Auswerte-/Steuerbaugruppe HB2 zugeordnet.

[0021] Die Rechtecksform der Leiterplatte eignet sich vorzugsweise zum Einbau in ein flaches, im wesentlichen quaderförmiges Gehäuse. Selbstverständlich kann die Leiterplatte auch andere Außenkonturen aufweisen, die in der Regel zweckmäßigerweise an die jeweilige Geometrieform des Gehäuses des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts angepasst gewählt sind.

[0022] Zum Empfangen und/oder Senden von Funksignalen weist die Leiterplatte LP von Fig. 1 im Bereich der oberen Hälfte ihrer Längserstreckung eine Hochfrequenzbaugruppe HB1 mit einer angekoppelten Antenne AT1 auf. Der zeichnerischen Einfachheit halber ist dabei die Hochfrequenzbaugruppe HB1 lediglich durch eine gestrichelte Umrahmung angedeutet. Mit Hilfe der Sende-/Empfangsantenne AT1 können elektromagnetische Funkwellen in den Funkraum hinaus abgestrahlt und/oder aus diesem kommend detektiert werden. Die Sende-/Empfangsantenne AT1 ist mit der Hochfrequenzbaugruppe HB1 zur Energieversorgung, insbesondere Stromspeisung, sowie Funksignalsteuerung über eine elektrische Kontaktleitung COA ("heißer Leiter") verbunden. Gleichzeitig kontaktiert sie über eine zweite elektrische Leitung KS1 ("kalter Leiter") mindestens eine Massefläche ("ground") auf der Leiterplatte LP. Eine solche Massefläche kann beispielsweise durch die metallische Gehäuseabdeckung bzw. den Abschirmdeckel der Hochfrequenzbaugruppe HB1 oder durch eine leitfähige Schicht gebildet sein, die auf der Ober- oder Unterseite der Leiterplatte vollflächig, oder als Zwischenschicht in der Leiterplatte LP durchgängig vorgesehen ist. Zweckmäßigerweise sind die Kontaktleitungen derart ausgebildet, dass die Antenne AT1 an der Leiterplatte LP mit ausreichender mechanischer Stabilität angebracht ist und somit ihre vorgegebene Position bzw. Lage möglichst dauerhaft beibehält. Insbesondere können dazu die Kontaktleitungen stegartig geformt sein, so dass diese jeweils für sich oder gemeinsam eine Art Flanscfunktion zur mechanischen Fixierung der Antenne AT1 an der Leiterplatte LP mit übernehmen.

[0023] Die Antenne AT1 ist hier im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 mit Hilfe dieser Kontaktleitungen COA, KS1 an der oberen Stirnseite bzw. Breitseite SRO der Leiterplatte LP mechanisch und elektrisch angekoppelt. Die Antenne AT1 ist hierbei als Planarantenne ausgebildet. Sie weist eine annäherungsweise rechteckförmige Gestalt auf. Sie ist mit Hilfe der mechanischen Verbindungsstege COA, KS1 aus-

gehend vom oberen Seitenrand SRO der Leiterplatte LP in einen Raumbereich hinein positioniert, der von den vier Seitenrändern SRL, SRR, SRO, SRU entlang der Flächennormalen in Z-Richtung eingeschlossen wird. Die gedachte orthogonale Projektion der Antenne auf die Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP liegt also im wesentlichen innerhalb der durch die Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte LP aufgespannten Begrenzungsfläche BF. Mit anderen Worten ausgedrückt heißt das, dass die Antenne AT1 nicht über die vier Seitenränder der Bauelementbestückungsfläche BF der Leiterplatte LP hinaus verlängert absteht, d. h. die Platinenoberfläche ist durch die angekoppelte Antenne weder verlängert noch verbreitert. Die Antenne AT1 ist mit Hilfe der Verbindungsstege derart in Richtung auf die Leiterplatte LP zugeneigt bzw. umgebogen, dass sie wie eine weitere Schicht über und/oder unter der Lageebene der Leiterplatte LP innerhalb des von deren vier Seitenrändern begrenzten Raumbereichs liegt. Durch diese Antennenanordnung lassen sich in vorteilhafter Weise besonders kompakte bzw. geringe Geräteabmessungen realisieren.

[0024] In der zweiten, unteren Hälfte der Leiterplatte LP von Fig. 1 sind eine oder mehrere weitere elektrische Baugruppen untergebracht, die ebenfalls der zeichnerischen Einfachheit halber lediglich mit einer gestrichelten Umrahmung angedeutet und mit dem Bezugszeichen HB2 versehen sind. Diese dienen dazu, die Ein- und/oder Ausgabeelemente des Mobilfunkgeräts MP, wie z. B. dessen Tastatur, Display, Lautsprecher, usw. zu steuern sowie die Signalverarbeitung der mittels der Hochfrequenzbaugruppe HB1 empfangenen und/oder über diese abzusendenden Funksignale durchzuführen.

[0025] Bei einer derartigen Leiterplatte mit angekoppelter Antenne ergibt sich eine zugehörige, örtliche Gesamtstromverteilung in X-Richtung, d. h. entlang der Längserstreckung der Leiterplatte betrachtet, wie dies in der Fig. 2 schematisch gezeichnet ist. Entlang der Abszisse ist dort der elektrisch wirksame Gesamtstrom $I(X)$ aufgetragen, der insgesamt an jeder Längsortposition X der Leiterplatte LP jeweils aufsummiert bzw. aufintegriert über deren Gesamtquerschnittsbreite B in X- und damit Platinenlängsrichtung zum Fließen kommt. Es wird angenommen, dass Ursache dieses elektrischen Stromflusses mit Vorzugsrichtung in X-Richtung H-Felder, d. h. magnetische Felder, sind, die lokal im Nahbereich der Antenne AT1 bei deren Betrieb entstehen.

[0026] In Fig. 2 ist der Ursprung der X-Achse dem unteren Seitenrand SRU der Leiterplatte LP von Fig. 1 zugeordnet, während der obere Seitenrand SRO mit dem Längserstreckungswert $X = L$ korrespondiert. Im Bereich der elektrischen Kontaktierungsstelle COA zwischen der Hochfrequenzbaugruppe HB1 und der Antenne AT1 fließt der Antenne AT1 an der Längsstelle $X = L$ der Speisungs- bzw. Fußpunktstrom $FSI \neq 0$ zu. Denn es wird von der Hochfrequenzbaugruppe HB1 ein definierter Speisungsstrom FSI in den Fußpunkt der Antenne AT1 eingespeist. Demgegenüber ist der Stromfluss in Längsrichtung der Leiterplatte LP an deren unterem freien Ende durch die dortige Randbegrenzung unterbrochen, d. h. an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirnseite gilt weitgehend $I(X) = 0$. Bei der bevorzugten Verwendung einer sogenannten $\lambda/4$ -Antenne weist hingegen das elektrische Feld ein Maximum am unteren Seitenrand bzw. am der Antenne gegenüberliegenden freien Ende SRU auf. Aufgrund der geometrischen Verhältnisse der Leiterplatte LP in Form eines langgestreckten Rechtecks tritt entlang der Mittenlängsachse ML etwa im Zentrum MI der Leiterplatte LP, d. h. also im Bereich des Schnittpunkts deren Diagonalen, beim über die Quer-

schnittsbreite B jeweilig aufintegrierten, resultierenden Summenstrom $I(X)$ die größtmögliche Stromamplitude für den SAR-Effekt auf. Über die Querrichtung Y der Leiterplatte betrachtet ist aufgrund von Skin- sowie sonstigen Stromverschiebeeffekten die Komponente der Stromflussstärke in X -Richtung im Bereich entlang den beiden Längsrändern SRL, SRR höher als entlang der Mittellinie ML; dabei ist die Stromstärkeverteilung an den Längsrändern SRL, SRR im wesentlichen achssymmetrisch zur Mittellängsachse ML. Diese Stromverteilung führt zu einem für den SAR-Effekt wirksamen bzw. resultierenden H-Feld, dem der Summenstrom $I(X)$ – wie in Fig. 2 dargestellt – mit einer Hauptkonzentration entlang der Mittellängsachse ML zugeordnet werden kann. Das Maximum der wirksamen Stromamplitude an der Längsstelle $X = MI$ ist dabei in der Fig. 2 mit IM bezeichnet.

[0027] Bei einer solchen gekoppelten Struktur mit mindestens einer Antenne und mindestens einer daran angeschlossenen, stromleitfähigen Leiterplatte kommt es also zu einer örtlich inhomogenen Stromverteilung auf der Leiterplattenfläche, d. h. die für den SAR-Effekt wirksam werdende Summenstromflussstärke schwankt örtlich.

[0028] Zur Bestimmung der SAR-Werte von Mobilfunkgeräten oder allgemein ausgedrückt von Funkkommunikationsgeräten als Maß für die thermische Aufheizung eines bestimmten Gewebsvolumenbereichs wird vorzugsweise ein Messverfahren verwendet, das detailliert im europäischen Normenvorschlag EN50361 beschrieben ist. Dabei wird nach dem Ort der höchsten thermischen Belastung des jeweiligen Benutzers gesucht. Der SAR-Wert ergibt sich dann aus einer Integration über ein bestimmtes genormtes Gewebsvolumen dort, wo das Mobilfunkgerät MP bei seinem bestimmungsgemäßen Gebrauch am Kopf HE des jeweiligen Benutzers angelegt wird (vgl. Fig. 10).

[0029] Umfangreiche Tests mit einer elektromagnetischen Messsonde in einem Modellkopf, der mit einer Simulationslösung gefüllt ist, haben nun gezeigt, dass die Erwärmung des organischen Gewebes örtlich schwankt bzw. variiert, d. h. eine örtliche Verteilung mit mindestens einem Maximum und/oder Minimum aufweist. Diese örtlich variierende Feldkonzentration scheint dabei insbesondere auf eine dazu korrespondierende örtliche Summenstromverteilung wie z. B. $I(X)$ von Fig. 2 auf der Leiterplatte LP zurückzugehen. Ein solcher elektrischer Summenstrom $I(X)$ fließt vorzugsweise auf der Leiterplatte LP entlang deren Längserstreckung, wenn die Sende- und/oder Empfangsantenne wie z. B. AT1 von Fig. 1 als $\lambda/4$ -Antenne ausgebildet ist, und zusammen mit der Leiterplatte LP einen Strahlungsdipol bildet. Die Leiterplatte wirkt dabei in erster Näherung als eine Art ergänzende $\lambda/4$ -Antenne zur Antenne AT1. In der Fig. 2 ist die örtliche Verteilung $I(X)$ des für den SAR-Effekt wirksamen Stromflusses entlang der Längserstreckung X der Leiterplatte LP schematisch eingezeichnet. Der Nahbereich ist dabei derjenige Ortsbereich, der unterhalb des Abstandes $2D^2/\lambda$ (λ ist die Wellenlänge; D ist die Gerätelänge) liegt. Z. B. im GSM-Funknetz mit einem Frequenzbereich zwischen 880 und 960 MHz (Mittenfrequenz 900 MHz) liegt die Wellenlänge λ ungefähr bei 35 cm. Im PCN (Private Commercial Network) (E-Netz) mit einem Frequenzband zwischen 1710 und 1880 MHz liegt die Wellenlänge ungefähr bei 17 cm. In einem UMTS-Funkkommunikationssystem mit einem Frequenzübertragungsbereich zwischen 1920 und 2170 MHz beträgt die Wellenlänge λ ungefähr 15 cm. Während beim GSM-Funksystem durch die örtliche Stromverteilung auf der Leiterplatte mit einer Eindringtiefe des elektromagnetischen Nahfeldes von ungefähr 6 cm zu rechnen ist, beim PCN-Netz mit ungefähr 5 cm, liegt bei einem UMTS-Mobilfunkgerät die Eindringtiefe des

Nahfeldes aufgrund der örtlichen Stromverteilung auf der Hauptplatte ungefähr bis 4 cm. Je geringer dabei die örtliche Eindringtiefe in das Gewebe ist, desto höher kann bei gleicher angenommener Sendeleistung der Antenne der gemessene SAR-Wert werden, da ja pro vorgegebenem Gewebsvolumen eine höhere elektromagnetische Felddichte, damit ein größerer zum Fließen kommender Strom und somit eine höhere Feldkonzentration hervorgerufen wird.

[0030] Wünschenswert ist es nun, elektromagnetische Strahlungsfelder, insbesondere das H-Feld im Nahbereich des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts, und/oder darauf zurückgehende elektrische Ströme, bezüglich ihrer örtlichen Verteilung kontrollierter einzustellen.

[0031] Fig. 3 zeigt dazu schematisch in räumlicher Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Korrektorelements zur virtuellen Verlängerung des Stromweges auf der Leiterplatte LP von Fig. 1. Dieses erste Korrektorelement ist in der Fig. 3 mit KV1 bezeichnet. Es ist an demjenigen schmälere – hier unteren – Seitenrand SRU der Leiterplatte LP angebracht, der dem anderen, schmälere – hier oberen – Seitenrand SRO mit der Ankopplung der Antenne AT1 gegenüberliegt. Es ist im wesentlichen U-profilartig ausgebildet. Es weist sowohl zur Oberseite als auch zur Unterseite der Leiterplatte LP jeweils ein Stegelement KV1 bzw. KV2 auf, das im wesentlichen senkrecht, d. h. entlang der Flächennormalen Z der Ober- sowie Unterseite der Leiterplatte LP verläuft. Diese Stegelemente KV1, KV2 sind vorzugsweise symmetrisch bezüglich der Leiterplatte LP an deren unteren Stirnseite SRU montiert. Sie verlaufen dabei vorzugsweise im wesentlichen entlang der ganzen Breite B der Leiterplatte LP entlang deren unteren Seitenrand SRU. Dadurch ist eine wellenwiderstandsmäßig weitgehend ideale Ankopplung der Stegelemente gegeben. An jedem Querstegelement KV1 bzw. KV2 ist wiederum ein im wesentlichen planes, zweites Stegelement PST1 bzw. PST2 derart angebracht, dass es im wesentlichen parallel zur Ober- bzw. Unterseite der Leiterplatte LP (= Leiterplatten-Bestückungsebene) verläuft und innerhalb des durch die vier Seitenränder der Leiterplatte begrenzten Raumbereichs positioniert ist. Die zweiten Stegelemente PST1, PST2 stehen also im wesentlichen senkrecht zu den Quersteinen KV1, KV2 der Breite ZVB entlang der Z -Achse. Auf diese Weise ist das Korrektorelement KV1 sowohl mechanisch als auch elektrisch an die Leiterplatte LP angekoppelt.

[0032] Insgesamt betrachtet sitzt das Korrektorelement ZV1 aufgrund seiner U-Profilform dachartig an demjenigen stirnseitigen Ende der Leiterplatte LP auf, das der entgegengesetzten Leiterplatten-Stirnseite SRO mit der Antennenan-
kopplung gegenüberliegt. Diese dachartige Abdeckung der Leiterplatte LP durch das Korrektorelement KV1 bildet zusammen mit der Antenne AT1 am anderen Ende der Leiterplatte LP eine Art Dachkapazität. Diese Gesamtstruktur mit der Leiterplatte LP, der daran angekoppelten Antenne AT1, sowie mit dem ebenfalls an der Leiterplatte angekoppelten Korrektorelement ZV1 stellt von der elektrischen Wirkungsweise her eine Art kurze Stabantenne dar, die an ihren Enden plattenförmige Elektroden bzw. Kondensatorflächen in Form der Antenne AT1 sowie dem Korrektorelement ZV1 aufweist. Durch die Wirkung des Korrektorelements ZV1 als zusätzliche Endkapazität wird aber die Leiterplatte LP elektrisch betrachtet künstlich, d. h. virtuell verlängert, so dass sich für einen auf der Leiterplatte LP etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne AT1 hervorgerufenen für den SAR-Effekt wirksamen Summenstrom $I(X)$ eine gezielte, elektrische Stromwegverlängerung bereitstellen lässt. Denn ein etwaig entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP – und hier

im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 in X-Richtung – fließen der elektrischer Summenstrom nun zusätzlich auf die Ausdehnungsfläche des Korrekturlements ZV1 fließen, das ausgehend von der stirnseitigen Unterkante SRU der Leiterplatte LP über und/oder unter den von den vier Seitenrändern der Leiterplatte LP begrenzten Raumbereich gefaltet ist. Tests haben gezeigt, dass für die Erzielung einer bestimmten, gewünschten Verlängerung des durch die ursprüngliche Längserstreckung wie z. B. L der Leiterplatte wie z. B. LP vorgegebenen Stromweges die zusätzlich durch das jeweilige Korrekturlement bereitgestellte Weglänge von dessen Ankoppelbereich an die Leiterplatte zu dessen stirnseitigen Ende maßgebend bestimmt ist.

[0033] In der Fig. 3 sorgt das Korrekturlement ZV1 für eine Wegverlängerung um jeweils ZVB in Z-Richtung aufgrund des jeweiligen Querstegs KV1, KV2 und in Summe dazu um die weitere Weglänge ZVL in X-Richtung durch das jeweilige Stegelement PST1 bzw. PST2. Dominant für die elektrische Wegverlängerung ist also in erster Näherung insbesondere die mechanische Streckenführung des jeweiligen Korrekturlements ausgehend von seinem Ankoppelbereich an der Leiterplatte LP zu deren stirnseitigen Ende gemessen im gedachten, ungefalteten, d. h. plan ausgelegten Zustand des Korrekturlements. Das Korrekturlement setzt sozusagen die Längserstreckung der Leiterplatte fort, allerdings nicht in der ursprünglichen Lageebene der Leiterplatte, sondern in einen Raumbereich hinein, der von den vier Seitenrändern der Leiterplatte begrenzt ist und über und/oder unter der Begrenzungsfläche BF der Leiterplatte liegt. In der Fig. 3 ist die erzielbare Wegverlängerung durch die Gesamtfaltungslänge des Korrekturlements ZV1 in X- und Z-Richtung, d. h. in Summe durch die Wegabschnitte ZVB und ZVL gegeben. Eine Verlängerung in einem realen Versuch um 30 Prozent führt dabei in vorteilhafter Weise zu einer Reduzierung des SAR-Wertes um ca. 20 Prozent.

[0034] Fig. 4 zeigt schematisch die örtliche Stromverteilung entlang der Längserstreckung der Leiterplatte von Fig. 3, d. h. in X-Richtung, wenn das zusätzliche Korrekturlement ZV1 an der Leiterplatte LP angebracht ist. Gegenüber der Leiterplatte LP von Fig. 1 ohne Korrekturlement, auf der sich etwa in der Mitte der Längserstreckung bei $X = MI$ ein resultierendes Strommaximum IM einstellt, flacht sich nun der wirksame Strompegel an der Stelle $X = MI$, d. h. im Mittenbereich MI der Leiterplatte LP auf den Wert $I(X = MI) = IMD < IM$ ab. Es ergibt sich insbesondere eine Homogenisierung der örtlichen Stromverteilung auf der Leiterplatte LP in X-Richtung betrachtet. Da jetzt auch am unteren Ende der Leiterplatte LP durch die zusätzliche Ankopplung des Korrekturlements ZV1 ein Stromfluss bewirkt ist, hier mit $I(X = 0) = ID$, verschiebt sich bzw. erstreckt sich der Stromfluss bis an das äußere, offene Ende des Korrekturlements ZV1 hin. Mit Hilfe des Korrekturlements ZV1 lässt sich somit in definierter Weise eine Strompegelverteilung $I(X)$ zwischen $X = 0$ bis L entlang der Leiterplatten-Längserstreckung einstellen, die gegenüber einer Leiterplatte entsprechend Fig. 1 ohne Korrekturlement vom einen zum anderen stirnseitigen Ende der Leiterplatte betrachtet eine homogenere, d. h. annäherungsweise konstantere Stromdichte aufweist. In der Fig. 4 ist zusätzlich die fiktive bzw. virtuelle Stromwegverlängerung WV eingezeichnet, die sich mit dem Korrekturlement ZV1 gemessen vom Ankoppelbereich an der unteren Stirnseite SRU ($X = 0$) der Leiterplatte LP bis zum äußeren, offenen Ende ($X = L$) des Korrekturlements ZV1 ergibt. Erst am offenen stirnseitigen Ende des Zusatzelements ZV1 ist der Stromfluss unterbrochen, so dass erst dort der Summenstrompegel im wesentlichen gleich 0 ist. Der Summenstrompegel $I(X)$ entlang der Verlängerungswegstrecke WV

ist in der Fig. 4 zusätzlich strichpunktiert eingezeichnet. Er ist durch Interpolation der Werte des Strompegelverlaufs zwischen oberer und unterer Stirnseite der Leiterplatte LP, d. h. zwischen $X = 0$ und $X = L$, und dem Strompegelwert von 0 Ampere am freien bzw. offenen Ende des Korrekturlements gebildet.

[0035] In erster Näherung wird die virtuelle, elektrische Stromwegverlängerung wie z. B. WV, die aus der zusätzlichen Ankopplung des Korrekturlements wie z. B. ZV1 entlang der Längsausdehnung, hier im Ausführungsbeispiel in X-Richtung, resultiert, insbesondere durch die Summe der Weglängen des Korrekturlements in der Z-, X-Ebene bestimmt. Zusätzlich oder unabhängig hiervon kann aber auch die von dem jeweiligen Korrekturlement gebildete Gesamtfläche die resultierende Gesamtstromlänge beeinflussen. Denn je größer die bereitgestellte Fläche des Korrekturlements ist, desto größer wird vorzugsweise die kapazitive Aufladungsmöglichkeit und damit die ermöglichte Stromharmonisierung auf der Leiterplatte. Ebenfalls ist eine Aufspaltung der Stromverteilung zu zwei oder mehr Maxima auf der Leiterplatte denkbar.

[0036] Das Korrekturlement wie z. B. ZV1 kann zweckmäßigerweise einstückig ausgebildet sein. Dazu kann es vorzugsweise durch Umbiegen oder Falten aus einem ursprünglich planflächigen, stromleitfähigen Element hergestellt sein.

[0037] Als jeweiliges Korrekturlement wie z. B. ZV1 ist vorzugsweise mindestens ein elektrisch leitfähiges Element, zweckmäßigerweise ein ein- oder mehrlagiges, elektrisch leitfähiges Blech, Beschichtungselement, eine ein- oder mehrlagige Folie, und/oder ein sonstiges elektrisch leitfähiges Flächenelement oder Strukturelement vorgesehen. Gegebenenfalls kann es auch ausreichend sein, als Korrekturlement ein oder mehrere, elektrisch leitfähige Drähte vorzusehen.

[0038] Gegebenenfalls kann eine virtuelle Stromwegverlängerung entlang der Längserstreckung der Leiterplatte auch bereits durch ein Korrekturlement bewirkt sein, das nicht über die gesamte Breitseite der Leiterplatte LP an der der Antenne gegenüberliegenden Stirnseite angekoppelt ist, sondern durch ein streifenförmiges, stromleitfähiges Element gebildet sein, dessen Breite wesentlich schmaler als die Breite der Leiterplatte LP gewählt ist. Ein solches Korrekturlement zeigt Fig. 5 schematisch in räumlicher Darstellung. Es ist mit ZV2 bezeichnet. Damit eine möglichst große Stromwegverlängerung fiktiv in X-Richtung, d. h. also entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP bereitstellbar ist, ist das streifenförmige Korrekturlement ZV2 mäanderförmig in der X-, Y-Ebene ausgeführt. Es ist mit der Leiterplatte LP im Bereich deren stirnseitigen Unterkante mechanisch und/oder elektrisch verbunden, die der stirnseitigen Oberkante mit einer dort angekoppelten, nach außen abstehenden Stummelantenne AT2 gegenüberliegt. Die Ankopplung des Korrekturlements ZV2 an die Leiterplatte LP kann dabei insbesondere in einfacher Weise durch Abbiegen oder Umbiegen eines Teilabschnitts der Platinen-Massefläche erfolgen. Vorzugsweise ist das mäanderförmige Korrekturlement ZV2 entlang einem endseitigen Teilstück um etwa 90° gegenüber seiner sonstigen im wesentlichen planflächigen Ausdehnung abgelenkt bzw. umgebogen. Dieser Ankoppelabschnitt ist in der Fig. 5 mit KV2 bezeichnet. Das Korrekturlement ZV2 erstreckt sich mit seiner stromleitfähigen, im wesentlichen planen Fläche zum überwiegenden Teil in einer Ebene, die im wesentlichen parallel zur Lageebene der Leiterplatte LP liegt. Eine gewünschte Stromwegverlängerung kann durch entsprechende Wahl der Mäanderform, d. h. durch Wahl der Anzahl der Mäanderwindungen und/oder Auswahl der Länge derje-

nigen Teilabschnitte des Korrektorelements ZV2, die im wesentlichen in Längsrichtung X quer dazu in Y-Richtung der Leiterplatte LP verlaufen, kontrollierter Weise eingestellt werden.

[0039] Allgemein betrachtet kann also eine gewünschte Stromwegverlängerung für eine Leiterplatte vorgegebener, einzuhaltender Länge und Breite dadurch in gezielter Weise bereitgestellt werden, dass ein oder mehrere Korrektorelemente zusätzlich an die Leiterplatte derart angekoppelt sind, dass sich dieses Korrektorelement lediglich in einen Raumbereich oberhalb und/oder unterhalb der Leiterplatte hinein erstreckt, der durch die Seitenränder der Leiterplatte begrenzt ist. Damit ergibt sich eine mehrschichtige Struktur, d. h. die Leiterplatte sowie das jeweilige Korrektorelement liegen sozusagen übereinandergestapelt. Das Korrektorelement kann dabei insbesondere eine oder mehrere Faltungen in einer oder mehreren Ebenen aufweisen, die innerhalb der von den Seitenrändern der Leiterplatte begrenzten Ebene liegen sowie mit Höhenabstand zu dieser angeordnet sind. Auf diese Weise wird die Leiterplatte nicht in ihrer Lageebene verlängert oder verbreitert, d. h. ihre ursprünglich vorgegebene Dimensionierung wird bezüglich ihrer ursprünglich vorgegebenen Länge und Breite weitgehend eingehalten.

[0040] Zur virtuellen Masseverlängerung kann es ggf. zweckmäßig sein, einen Teilbereich der Massefläche der Leiterplatte selbst derart auszugestalten, dass ein zusätzliches verlängerndes Element entsteht. In der Fig. 11 ist ein solches Korrektorelement ZV6 integraler Bestandteil der Platinenmassefläche einer Leiterplatte LP* mit ursprünglich rechteckförmiger Außenkontur. Dabei ist ein Teilbereich der Massefläche der Leiterplatte LP* an der der Antenne AT1 gegenüberliegenden Stirnseite SRU der Leiterplatte derart getrennt von dieser in derselben Lageebene ausgeführt, dass er wie eine Verlängerung des Stromweges wirkt. Das Korrektorelement ZV6 weist seine Mäanderform durch seriell aufeinanderfolgende 90° Abknickungen bzw. rechteckförmige Zick-Zackbiegungen von Stegabschnitten auf. Dieses mäanderförmige Korrektorelement KV6 kann insbesondere durch Ausstanzen oder Herausschneiden aus der ursprünglich rechteckförmigen Leiterplatte LP von Fig. 1 hergestellt werden. Das Korrektorelement ZV6 ist vorzugsweise in einem Eckbereich der unteren Platinenstirnseite SRU vorgesehen, der schräg, insbesondere diagonal versetzt zur Antennenankopplung im Eckbereich der oberen, gegenüberliegenden Stirnseite SRO angeordnet ist. Denn durch diesen weitgehend diagonalen Laufweg zwischen der Antenne AT1 und dem freien Ende FE des Korrektorelements ZV6 ist die größte mögliche virtuelle Wegverlängerung für den hinsichtlich des SAR-Effekts wirksamen Summenstrom auf der zur Verfügung stehenden Platinenfläche bei gleicher vorgegebener, rechteckförmiger Außenkontur bereitgestellt.

[0041] Durch Faltungen des jeweiligen Korrektorelements innerhalb der Leiterplattenbestückungsfläche, und/oder über der Leiterplattenoberseite, und/oder Leiterplattenunterseite kann der Stromweg in kontrollierter Weise eingestellt werden. Durch eine Mäanderform, d. h. durch eine Formgebung des Korrektorelements, bei dem sich jeweils ein Teilabschnitt mit Erstreckung in Längsrichtung der Leiterplatte mit jeweils einem Abschnitt quer, insbesondere orthogonal, zur Längserstreckung der Leiterplatte abwechselte, und dabei jeweils zwei solche aufeinanderfolgende Teilabschnitte einen von Null verschiedenen Winkel zwischen sich einschließen, insbesondere um jeweils etwa 90° gegeneinander versetzt sind, lässt sich die Länge des Korrektorelements in X-Richtung relativ kurz halten. Denn durch die Zick-Zack-Form lässt sich für den elektrischen

Strom gegenüber einem Korrektorelement mit geradliniger Streifenform mehr Laufwege erzielen. Der maximal mögliche Stromweg auf der Leiterplatte LP* von Fig. 11 beginnt im Bereich der Antenne AT1 und endet am freien Ende FE des Korrektorelements ZV6 nach Durchlaufen von dessen mäanderförmigen Windungen.

[0042] Ist an die Leiterplatte LP in einem Eckbereich deren stirnseitigen Endes eine nach außen entlang deren Längserstreckung abstehende Antenne wie z. B. AT2 in Fig. 5 angekoppelt, so ist es zweckmäßig, das Korrektorelement derart gegenüber der Antenne an der Leiterplatte mechanisch und elektrisch anzubringen, dass es eine Stromwegverlängerung im wesentlichen entlang der strichpunktiert eingezeichneten Diagonalen DIG vom Eckbereich der Antenne zum diametral gegenüberliegenden Eckbereich des Korrektorelements ZV2 bereitstellt (siehe Fig. 5). In der Fig. 5 ist diese Diagonale DIG strichpunktiert zusätzlich eingezeichnet. Sie beschreibt den Stromwegverlauf, den ein elektrischer Strom auf einer im wesentlichen rechteckförmigen Leiterplatte wie z. B. LP von Fig. 5 maximal zurücklegen kann. Die Antenne AT2 ist in Fig. 5 als nach außen abstehende Stabantenne ausgebildet. Tests haben gezeigt, dass durch diese diagonal zueinander versetzte Anordnung der Antenne AT2 und des Korrektorelements ZV2 der Stromweg in effizienter Weise fiktiv bzw. virtuell verlängert werden kann. Gleichzeitig kann dabei die Länge des Korrektorelements in Längsrichtung der Leiterplatte weitgehend kompakt, d. h. relativ kurz gehalten werden. Vorzugsweise weist ein solches mäanderförmiges Korrektorelement eine Längserstreckung zwischen 1 cm und 4 cm auf.

[0043] Ggf. kann es auch zweckmäßig sein, das jeweilige Korrektorelement in einem Raumbereich seitlich an der durch die Seitenränder wie z. B. SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte wie z. B. LF von Fig. 1 aufgespannten Begrenzungsfläche BF anzuordnen. In der Fig. 12 ist beispielsweise ein Korrektorelement ZV7 an der rechten Längsseite SRR im Bereich der der Antenne AT1 etwa diagonal gegenüberliegenden Ecke ECK angekoppelt. Dieses Korrektorelement ZV7 weist dabei ein erstes Teilelement WT auf, das im wesentlichen orthogonal bezogen auf die Begrenzungsfläche BF am Längsseitenrand SRR fixiert ist. An dessen nach oben abstehendem Ende sitzt ein zweites Teilelement DAC, das gegenüber dem ersten Teilelement WT etwa um 90° umgebogen ist und in die Begrenzungsfläche hineinragt, oder dessen Rand bildet. Es ist somit mit Höhenabstand zur Leiterplatten-Bestückungsfläche angeordnet und verläuft als dachartige Teilabdeckung im wesentlichen parallel zu dieser. Selbstverständlich können das erste und zweite Teilelement WT, DAC als ein einziges Bauteil, d. h. einstückig ausgebildet sein. So kann das haken- bzw. winkelstückartige Korrektorelement KV7 beispielsweise durch Umbiegen eines ursprünglich planflächigen, stromleitfähigen Elements wie z. B. Kupferblechs hergestellt werden.

[0044] Für eine Reduzierung des SAR-Effekts oder Verschiebung von unerwünschten "hot spots" in unkritischere Gerätebereiche können ggf. auch andere Geometrieformen von Korrektorelementen zweckmäßig sein, solange das jeweilige Korrektorelement derart an die Leiterplatte ankoppelbar ist, dass dessen gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte LP im wesentlichen innerhalb der durch die Seitenränder SRL, SRR, SRO, SRU der Leiterplatte LP aufgespannten Begrenzungsfläche BF zu liegen kommt. So kann es ggf. bereits ausreichend sein, das zweite Teilelement DAC wegzulassen und lediglich an einem oder mehreren Teilabschnitten eines oder mehrerer Seitenränder das erste Teilelement WT nach oben mit einem 90° Einschlusswinkel oder weniger gegenüber der Platinenfläche abstecken zu lassen. Insbesondere

kann ein solches Korrekturelement dadurch gebildet sein, dass mindestens ein Seitenrand der Leiterplatte entlang einem Teilabschnitt oder insgesamt über seine ganze Länge entsprechend umgebogen oder umgebördelt wird. Zweckmäßig ist es insbesondere, diejenige Breitseite – hier in Fig. 12 SRU – teilweise oder ganz hochziehen bzw. umzubiegen, die der Leiterplattenstirnseite mit der Antennenkopplung gegenüberliegt.

[0045] Fig. 6 zeigt ein weiteres Beispiel einer künstlichen Stromwegverlängerung, ohne selbst die Leiterplatte in ihrer Lageebene zu verbreitern oder zu verlängern. An die Leiterplatte LP von Fig. 6 ist über einen Stromspeisungspunkt SS eine sogenannte PIFA-Antenne (Planar Inverted F-Antenne) PIF angekoppelt. Sie wird dort mit einem elektrischen Strom gespeist. Dabei ist die PIFA-Antenne PIF mit Abstand zur Lageebene der Leiterplatte LP angeordnet. Sie ist im wesentlichen planar, d. h. planflächig ausgebildet und derart ausgerichtet, dass sie im wesentlichen parallel zur Lageebene der Leiterplatte LP liegt. Die PIFA-Antenne ist im Bereich des oberen stirnseitigen Endes SRO der Leiterplatte LP angebracht. Damit sich elektrische Funkstrahlungsfelder erzeugen und in den freien Raum abkoppeln lassen, ist zwischen der Leiterplatte LP und der PIFA-Antenne PIF eine Massefläche ZV3 angeordnet. Diese Massefläche ZV3 erstreckt sich im wesentlichen parallel zur Lageebene der Leiterplatte LP und der PIFA-Antenne. Sie weist zur Leiterplatte LP einen Querabstand, d. h. eine Höhe D1 (vorzugsweise größer als 1 mm), sowie zur PIFA-Antenne einen Querabstand D2 auf. Zwischen der PIFA-Antenne und der mit Querabstand zu ihr angeordneten Massefläche ZV3 bilden sich elektrische und/oder magnetische Felder aus, die sich in den Raumbereich hinaus abkoppeln lassen. Die Massefläche ZV3 ist im Bereich eines ihrer stirnseitigen Enden mit der Masse der Leiterplatte LP verbunden. Diese Masseankopplung ist in der Fig. 6 mit KV3 bezeichnet. Eine künstliche Verlängerung der Leiterplatte LP hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Stromlaufweges entlang deren Längserstreckung lässt sich in einfacher Weise dadurch bereitstellen, dass die Länge der sowieso vorhandenen Massefläche ZV3 der PIFA-Antenne PIF entsprechend entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP verlängert wird. Da die PIFA-Antenne in zwei Schichten über der Leiterplattenoberfläche angeordnet ist, ergibt sich insgesamt ein mehrschichtiger Aufbau, ohne dass das ursprüngliche Leiterplattenmaß hinsichtlich Länge und Breite vergrößert wird, sondern konstant beibehalten wird.

[0046] Fig. 7 zeigt schematisch in räumlicher Darstellung die Leiterplatte LP von Fig. 1 mit einem weiteren Korrekturelement ZV4, das den elektrischen Stromweg entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP, d. h. hier im Ausführungsbeispiel in X-Richtung entlang den Längsseiten der Leiterplatte LP, elektrisch verlängert, ohne die ursprüngliche Länge und Breite der Leiterplatte zu verändern. Das Korrekturelement ZV4 ist jetzt dadurch gebildet, dass eine stromleitfähige Beschichtung auf der Stromversorgungseinheit, insbesondere Akkueinheit AK vorgesehen ist. Eine solche Stromversorgungseinheit ist vorzugsweise wiederaufladbar ausgebildet. Sie dient dazu, die elektrischen Bauelemente und Leiterbahnen auf der Leiterplatte LP mit elektrischem Strom zu versorgen. Als stromleitfähige Beschichtung ME kann beispielsweise eine Metallisierung auf der Akkuoberfläche entlang einem langgestreckt rechteckförmigen Streifen vorgesehen sein. Diese Metallisierungsschicht ist mit der Leiterplatte LP über eine elektrische Kontaktierung KV4 verbunden. Die elektrische Kontaktierung KV4 der rechteckförmigen Metallisierungsbahn wird vorzugsweise im Bereich des stirnseitigen Endes der Leiterplatte LP vorgenommen, um für den Strom eine möglichst lange

Durchlaufänge zu erzielen. Die maximal bereitgestellte Durchlaufänge für ein Signal in X-Richtung zum Fließen kommenden Strom erstreckt sich dabei von demjenigen stirnseitigen Endbereich der Leiterplatte LP, in dem die Sende-/Empfangsantenne AT3 angekoppelt ist, bis zum gegenüberliegenden stirnseitigen Ende, an dem das Korrekturelement ZV4 elektrisch angekoppelt ist, zuzüglich der Streifenlänge des Korrekturelements in Längsrichtung X. Hier im Ausführungsbeispiel ist die Antenne AT3 als Planarantenne bzw. Flachantenne ausgebildet. Dazu ist vorzugsweise ein geschlitztes Blech oder ein sonstiges elektromagnetisch leitfähiges Element verwendet. Die Antenne AT3 kann dabei derart geformt sein, dass sie sowohl als Dual-Band- als auch als Multi-Band-Antenne zum Senden und Empfangen elektromagnetischer Funkwellen verschiedener Frequenzbereiche fungiert. Die Antenne AT3 wird im oberen Bereich der Leiterplatte LP über eine elektrische Leitung SS mit Strom gespeist. Örtlich abgesetzt davon ist ein anderer Bereich der Flachantenne AT3 mit der Masse der Leiterplatte LP über eine elektrische Kontaktierung MK verbunden.

[0047] Zusätzlich ist hier also eine stromleitfähige Bahn auf der Länge WV* entlang der Metallisierung ME in X-Richtung der Akkueinheit AK bereitgestellt, d. h. entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP. In der Summe betrachtet hat also die Metallisierung ME auf der Akkueinheit AK die Wirkung, dass die Leiterplatte LP der Länge L zusätzlich um die Weglänge WV* elektrisch virtuell verlängert ist. Dabei bleiben allerdings die ursprünglichen Abmaße der Leiterplatte LP hinsichtlich Länge und Breite konstant erhalten, da die zusätzliche Verlängerung WV* dadurch erreicht wird, dass die zusätzliche stromwegverlängernde Leiterbahn ME in einer Ebene über der Leiterplattenfläche selbst bereitgestellt ist. Die elektrische Anbindung bzw. Kontaktierung der Metallisierungsfläche ME mit der Masse der Leiterplatte LP kann beispielsweise über elektrische Drähte, Folien oder sonstige stromleitfähige Zwischenelemente hergestellt sein.

[0048] Hier im Ausführungsbeispiel von Fig. 7 ist die Metallisierung ME auf der Außenoberfläche der annäherungsweise quaderförmigen Akkueinheit AK lediglich auf einer Teilfläche der Außenoberfläche der Akkueinheit AK eingebracht. Genauso kann es zweckmäßig sein, die Metallisierung ME auf der gesamten Oberseite der Akkueinheit AK aufzubringen. Insbesondere können entsprechend ein oder mehrere, oder sämtliche Akkuoberflächen teilweise oder vollständig mit einem solchen leitfähigen Überzug beschichtet sein.

[0049] Die Fig. 8 und 9 veranschaulichen jeweils die gewünschte Verschiebung des sogenannten SAR-"Hot Spots", d. h. des lokalen Maximums in der örtlichen Summenstromverteilung entlang der Längsrichtung der Leiterplatte LP ohne und mit stromwegverlängerndem Korrekturelement. In der Fig. 8 ist in der oberen Bildhälfte die Leiterplatte LP von Fig. 7 mit der Flachantenne AT3 in Seitenansicht gezeichnet. In der unteren Bildhälfte ist dazu die sich im Betrieb des Mobilfunktelefons einstellende örtliche Summenstromverteilung $I(X)$ entlang der Platinenlängserstreckung in X-Richtung eingezeichnet. Die X-Richtung ist dabei jeweils der Abszisse zugeordnet. Die Flachantenne AT3 ist am linken stirnseitigen Ende der Leiterplatte LP mit dieser elektrisch über eine Stromzufuhrleitung SS und den Massekontakt MK elektrisch angekoppelt. Da die Antenne AT3 im Bereich dieses stirnseitigen Endes der Leiterplatte LP aktiv mit Strom versorgt wird, ist dort am linken Seitenrand der Leiterplatte LP der Stromfluss größer als 0 Ampere. Auf die Mitte der Längserstreckung der Leiterplatte LP der Gesamtlänge $X = L$ zu erreicht der Summenstrompegel an der Stelle $X = XM1$ ein lokales Maximum IM1. Anschließend nimmt die Ge-

samtstromdichte in Richtung auf das der Antenne AT3 gegenüberliegende Ende der Leiterplatte LP zu ab, bis es am rechten Seitenrand an der Stelle $x = L$ zu einer Unterbrechung des Stromflusses kommt, so dass dort annäherungsweise $I(X) = 0$ A ist. Insgesamt ergibt sich somit längs der Leiterplattenlängserstreckung eine Summenstromverteilung $SV(X)$, die ein lokales Maximum bei $X = XM1$ in der der Antenne zugeordneten Hälfte der Leiterplatte aufweist.

[0050] Wird nun ein zusätzliches stromleitfähiges Korrektorelement ZV5 an demjenigen stirnseitigen Ende der Leiterplatte LP elektrisch angebunden bzw. angekoppelt, das dem gegenüberliegenden, zweiten stirnseitigen Endbereich der Leiterplatte LP mit der Antennenankopplung gegenüberliegt, so lässt sich je nach Dimensionierung der Abmessungen, Formgebung, Positionierung sowie sonstiger Materialparameter (wie z. B. Leitfähigkeitsvermögen) des Korrektorelements ZV5 zumindest das ursprüngliche lokale Maximum entlang der Längserstreckung der Leiterplatte LP in X-Richtung verschieben. Dies veranschaulicht die örtliche Stromverteilung $SV^*(X)$ in der unteren Bildhälfte von Fig. 9. Dort ist entlang der Abszisse die X-Richtung aufgetragen, während die Gesamtstromdichte $I(X)$ für jede Ortsposition X der Ordinaten zugeordnet ist. In der Fig. 9 ist das stromverlängernde Korrektorelement ZV5 beispielsweise durch ein in Seitenansicht annäherungsweise rechtwinkliges Drahtelement gebildet. Je länger dabei die Erstreckung des Drahtelements in X-Richtung oberhalb der Plattenfläche gewählt ist, desto stärker macht sich die Stromwegverlängerung durch diese zusätzliche Leiterbahn bemerkbar. Dadurch verschiebt sich das örtliche Strommaximum IM2 in X-Richtung an die Längsstelle $X = XM2 > XM1$. Dadurch ist es ermöglicht, durch das erfindungsgemäße Korrektorelement die ursprünglich vorhandene, örtliche Verteilung des elektrischen für den SAR-Effekt wirksamen Summenstromfluss auf der Leiterplatte dahingehend zu verändern, dass das Strompegelmaximum oder die Strompegelmaxima zumindest in einen unkritischeren Gerätebereich verschoben werden, oder gar eine Vergleichmäßigung der Strompegelverteilung bewirkt ist. Weiter ist neben einer Vergleichmäßigung des Stromverlaufs eine Reduzierung des bzw. der Strommaxima möglich, so dass allgemein gilt $IM2 \leq IM1$. Erst dadurch kann die tatsächliche elektromagnetische Feldverteilung im Nahbereich des Mobilfunkgeräts kontrollierter eingestellt werden. Im vorliegende Ausführungsbeispiel von Fig. 9 ist das Strompegelmaximum IM2 entlang der X-Richtung, d. h. der Längserstreckung der Leiterplatte LP vom Antennenbereich weg verschoben und zwar in einen stirnseitigen Endbereich, der dem anderen stirnseitigen Endbereich der Leiterplatte LP mit der Antennenankopplung gegenüberliegt. Der Grund für diese gezielte Verschiebemaßnahme ist, dass in der Regel das Funkkommunikationsgerät im Bereich der Antennenankopplung dem Ohrbereich des jeweiligen Benutzers zugeordnet ist, während das andere stirnseitige Ende des Funkkommunikationsgeräts im Backenbereich des jeweiligen Benutzers liegt und von diesem einen größeren Spalt- bzw. Querabstand aufweist.

[0051] Diesen Effekt der Verschiebung des sogenannten SAR-"Hot Spots" mit Hilfe des mindestens einen Korrektorelements veranschaulicht Fig. 10. Dort ist der Kopf HE eines Benutzers schematisch in Frontansicht gezeichnet, der ein Mobilfunkgerät MP bestimmungsgemäß benutzt und an die Backe hält. Dabei ist das obere Ende des Mobilfunkgeräts MP dem Ohr EA des Benutzers zugeordnet, weil dort in der Regel der Lautsprecher des Mobilfunkgeräts MP untergebracht ist. Dort sitzt gleichzeitig im Inneren des Gehäuses GH des Mobilfunkgeräts MP die Hochfrequenzbaugruppe der Leiterplatte LP mit der Sende-/Empfangsantenne wie z. B. AT3 von Fig. 9. Die Leiterplatte LP weist im unteren

stirnseitigen Endbereich einer Längserstreckung, der dem Antennenbereich abgegrenzt ist, das stromwegverlängernde Korrektorelement ZV5 entsprechend Fig. 9 zusätzlich auf. Zusätzlich sind in das Innere des Gehäuses GH die örtlichen Summenstromverteilungskurven entsprechend den Fig. 8 und 9 ohne und mit Korrektorelement strichpunktiert eingezeichnet. Während bei einer Leiterplatte LP ohne Korrektorelement das lokale Strompegelmaximum annäherungsweise im Auflagebereich AZ des Gehäuses GH am Kopf HE des jeweiligen Benutzers liegt, kann bei Vorhandensein des Korrektorelements ZV5 das örtliche Strommaximum gemäß der örtlichen Stromverteilungskurve $SV^*(X)$ auf das Korrektorelement ZV5 zu verschoben und damit vom Auflagebereich weg weiter an das untere Ende des Mobilfunkgeräts gebracht werden. Da aufgrund der Krümmung bzw. Wölbung der Kopfform des jeweiligen Benutzers die Leiterplatte im Gehäuse GH am unteren Ende von der Backe bzw. Wange BA des Benutzers in der Regel mit einem Spaltraum absteht, wird also das Maximum der Stromverteilung zumindest in einen Bereich des Gehäuses GH verschoben, der hinsichtlich der Erzeugung des SAR-Wertes unkritischer ist. Denn aufgrund des Querabstandes DB zwischen der Unterseite der Leiterplatte LP und der Backe BA des Benutzers kann ein dort etwaig vorhandenes Maximum der Strompegelverteilung weit weniger wirksam werden. Während die Leiterplatte ohne Korrektorelement die Strompegelverteilung $SV(X)$ mit einem Strommaximum an einer Stelle der Leiterplatte aufweist, die von der Backe den Querabstand DA aufweist, wird nun der Querabstand bei der Leiterplatte LP mit dem Korrektorelement ZV5 entsprechend der örtlichen Stromverteilung $SV^*(X)$ an eine Längsstelle verschoben, wo der Querabstand zwischen der Leiterplatte und der Backe des jeweiligen Benutzers auf den Spaltenabstand $DB > DA$ vergrößert ist.

[0052] Die Verschiebung des ursprünglich vorhandenen lokalen Maximums auf der Leiterplatte in einen Bereich, der von der Backe des jeweiligen Benutzers einen größeren Spaltenabstand DB als im Fall ohne Korrektorelement aufweist, hat dabei folgende Auswirkung auf die zur Wirkung kommenden Felder: Ein etwaig auf der Leiterplatte fließender Strom verursacht im Bereich des Auflagebereichs AZ auf der Leiterplatte eine elektromagnetische Leistungsdichte PA durch das korrespondierend hervorgerufene magnetische H-Feld von $PA = \frac{1}{2} ZFD H^2$, wobei ZFD der Wellenwiderstand ist, und H der Betrag der magnetischen Feldstärke bezeichnet. Die Leistungsdichte des magnetischen Feldes H nimmt nun umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes bzw. der Entfernung seiner Erzeugungsquelle durch den Stromfluss ab. Es gilt also im Bereich der Auflagezone AZ: $PA \sim 1/DA^2$. Im Bereich der unteren Hälfte des Gehäuses GH an der Stelle des verschobenen lokalen Strommaximums gilt somit entsprechend für die Leistungsdichte des durch das Strommaximum erzeugten H-Feldes: $PB \sim 1/DB^2$. Bildet man das Verhältnis zwischen den beiden Leistungsdichten, so ergibt sich folgender Zusammenhang: $PB/PA = DA^2/DB^2$. Wird nun das Strommaximum in einen Bereich der Leiterplatte verschoben, der annäherungsweise den doppelten Querabstand bzw. Spaltenabstand zur Backe des jeweiligen Benutzers aufweist, so dass $DB = 2 DA$ gilt, so nimmt die Leistungsdichte PB auf ein Viertel der ursprünglichen Leistungsdichte an der ursprünglichen Auflagezone AZ ab.

[0053] Die Leistungsdichte im Bereich des verschobenen Strommaximums der Stromverlaufskurve $SV^*(x)$ weist entlang der Normalen zur Plattenfläche betrachtet an der Backe nur noch eine viertel so große Leistungsdichte wie in der Auflagezone AZ des Gehäuses GH auf, wo die Leiterplatte im Querabstand DA von der Backe des jeweiligen

Benutzers entfernt ist. Dies entspricht einer Erniedrigung der wirksam werdenden energiedichten Leistungsdichte von ca. 6 dB, denn es gilt $PB/PA = 10 \log PB/PA = 6 \text{ dB}$. Wird also das ursprüngliche lokale SAR-wirksame Strommaximum mit Hilfe des Korrektorelements in einen Platinenbereich verschoben, der ungefähr den doppelten Querabstand wie ursprünglich zum Kopf des jeweiligen Benutzers aufweist, so ergibt sich nicht nur eine Halbierung sondern eine Absenkung auf ein Viertel der ursprünglich wirksam werdenden Leistungsdichte.

[0054] Zusätzlich kann es gegebenenfalls zweckmäßig sein, dem Gehäuse GH des Funkkommunikationsgeräts MP eine solche Form zu geben, dass es zusätzlich im Bereich des verschobenen Strompegelmaximums eine vom Kopf HE weg konvex nach außen gewölbte Innenfläche aufweist. Dadurch kann der queraxiale Abstand zum Kopf entlang der Normalen der Platinenfläche betrachtet weiter vergrößert werden, so dass dort, wo das verschobene Strommaximum auf der Leiterplatte auftritt, noch eine zusätzliche Distanz zum Kopf des Benutzers bewirkt ist.

[0055] Die tatsächliche Längsausdehnung des jeweiligen Korrektorelements im entfalteten, maximal ausgestreckten Zustand ist vorzugsweise zwischen 10% und 90%, insbesondere zwischen 10% und 50% der maximal ausbildbaren Masselänge der Leiterplatte gewählt. Das Korrektorelement weist also bevorzugt eine solche Längserstreckung auf, dass sich für einen etwaig entlang der Längsrichtung der Leiterplatte fließenden elektrischen Strom eine fiktive Wegverlängerung um das 1,1-fache bis 1,5-fache der ursprünglichen Längsausdehnung der Leiterplatte ergibt. Bei einer rechteckförmigen Leiterplatte von etwa 9 cm Länge und 4 cm Breite wird die Längsausdehnung des Korrektorelements im plan ausgelegten, entfalteten Zustand zweckmäßigerweise zwischen 1 und 8 cm, bevorzugt zwischen 1 und 5 cm gewählt.

[0056] Das Korrektorelement kann insbesondere auch mehrfach geknickt, gewinkelt oder schraubenförmig (gewendelt) gekrümmt ausgebildet sein. Es kann ggf. aus Teillängen in verschiedenen Höhenlagen zusammengesetzt sein.

[0057] Es kann an die Leiterplatte in vorteilhafter Weise nicht nur galvanisch, sondern zusätzlich oder unabhängig hiervon bei gleicher Funktion und Wirkungsweise hinsichtlich des stromwegverlängernden Effekts auch kapazitiv, induktiv und/oder gestrahlt angekoppelt sein.

[0058] Zusammenfassend betrachtet ist also an der jeweiligen Leiterplatte mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrektorelement derart angekoppelt und ausgebildet, dass für einen auf der Leiterplatte etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne hervorgerufenen elektrischen Strom eine gezielte, fiktive bzw. virtuelle Stromwegverlängerung unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der vorgegebenen Längs- und Querabmessung der Leiterplatte bewirkt ist. Dadurch ist es möglich, elektromagnetische Strahlungsfelder, insbesondere das H-Feld im Nahbereich, des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts, und/oder darauf zurückgehende elektrische Ströme, bezüglich ihrer örtlichen Verteilung kontrollierter einzustellen. So kann beispielsweise ein etwaig vorhandenes lokales Maximum des für den SAR-Effekt wirksamen elektrischen Stroms auf der Leiterplatte in definierter Weise verschoben, reduziert, und/oder auf mehrere niedrigere Extrema verteilt werden.

[0059] Messungen haben gezeigt, dass Ursache für einen relativ hohen SAR-Wert eines Mobilfunkgeräts insbesondere Inhomogenitäten der auf der Leiterplatte resultierenden Stromverteilung sind. Dadurch, dass hier zusätzlich mindestens ein stromleitfähiges Korrektorelement in einem Raumbereich an die Leiterplatte angekoppelt ist, der durch

die Seitenränder der Leiterplatte begrenzt ist, wird bei gleicher Baugröße bzw. Abmessungen der Leiterplatte hinsichtlich Länge und Breite zumindest eine Verschiebung des mindestens einen lokalen Strompegelmaximums in unkritischere Gehäusebereiche, und/oder eine weitgehend homogene Feldverteilung entlang der Längserstreckung des erfindungsgemäßen Funkkommunikationsgeräts erreicht. Dadurch kann der messbare SAR-Wert in vorteilhafter Weise weiter abgesenkt werden.

[0060] Vorzugsweise ist an der Leiterplatte das zusätzliche Korrektorelement derart angekoppelt und ausgebildet ist, dass für den elektrischen Strom eine solche fiktive Stromwegverlängerung bewirkt ist, die zu einer gewünschten SAR-Wertreduzierung (specific absorption rate) im Umgebungsbereich der Leiterplatte führt.

[0061] Insbesondere ist das jeweilige zusätzliche, stromleitfähige Korrektorelement derart an die Leiterplatte angekoppelt, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte im wesentlichen innerhalb einer durch die Seitenränder der Leiterplatte aufgespannten Begrenzungsfläche liegt.

[0062] Vorzugsweise ist dazu das stromleitfähige Korrektorelement lediglich in einem Raumbereich innerhalb, und/oder oberhalb, und/oder unterhalb, und/oder seitlich an der durch die Seitenränder der Leiterplatte aufgespannten Begrenzungsfläche angeordnet. Dadurch, dass auf diese Weise das Korrektorelement zusammen mit der Leiterplatte eine Art mehrschichtige Struktur bildet, und nicht in Längsrichtung oder Querrichtung die Ausmaße der Leiterplatte fortsetzt und verlängert bzw. verbreitert, bleibt die ursprüngliche Dimensionierung der Leiterplatte bezüglich Länge und Breite weitgehend erhalten. Lediglich in der Tiefe, wie z. B. entsprechend dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1 in Z-Richtung betrachtet, kommt das zusätzliche Korrektorelement als weitere Lage zur Leiterplatte im Inneren des Gehäuses des Mobilfunkgeräts hinzu.

[0063] Die erfindungsgemäße Ankopplung mindestens eines virtuell stromwegverlängernden Korrektorelements an die Leiterplatte eines Funkkommunikationsgeräts ist insbesondere beim bestimmungsgemäßen Gebrauch von Funkkommunikationsgeräten wie z. B. Mobilfunkgeräten oder Schnurlostelefonen vorteilhaft. Denn durch die kontrollierte Stromwegverlängerung mit Hilfe des Korrektorelements kann die magnetische Feldstärke im Nahbereich der Antenne des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts und damit im Nahbereich des jeweiligen Benutzers beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Funkkommunikationsgeräts homogener erzeugt, und dabei die SAR-Werte reduziert werden. Dies ermöglicht gleichzeitig eine verbesserte Leistungsabstrahlung.

[0064] Im Bereich der Mobilfunktechnik geht dabei insbesondere der Trend zu immer kleinvolumigeren mobilen Kommunikationsendgeräten. Hierdurch verringert sich neben der Breite und Dicke insbesondere die Länge der Geräte. Da der Frequenzbereich, in dem das Funkgerät arbeiten soll, fest vorgegeben ist und damit unveränderlich bleibt, verringert sich das Verhältnis von Gerätelänge zur Wellenlänge. Dieser Einfluss führt zu einer verringerten Leistungsabstrahlung des jeweiligen Geräts, da sich die effektive Länge der Antenne verringert. Dies könnte dadurch ausgeglichen werden, dass die eingespeiste Leistung für die Antenne erhöht wird, was jedoch wiederum den Effekt nach sich ziehen würde, dass höhere Ströme auf der Leiterplatte zum Fließen kommen könnten. Dies würde wiederum gleichzeitig zu einer Erhöhung des SAR-Wertes führen, was unerwünscht ist. Im Gegensatz dazu verringert die erfindungsgemäße virtuelle Stromwegverlängerung mittels mindestens eines Korrektorelements an der Leiterplatte die so-

genannten "hot spots" und/oder verschiebt diese in unkritischere Gerätezonen. Dadurch die Leistungsabstrahlung verbessert, und die SAR-Werte können vermindert werden. Ggf. kann das erfindungsgemäße Korrektorelement sogar in vorteilhafter Weise als Designelement genutzt werden. So kann es beispielsweise mit in die Anzeigevorrichtung oder Tastatur des jeweiligen Funkkommunikationsgeräts integriert sein.

[0065] Andere Lösungsansätze, die neben dem erfindungsgemäßen Korrektorelement zusätzlich oder unabhängig hiervon etwaig möglich sind, sind folgende:

a) Vergrößerung des Abstandes zwischen den Bereichen mit großer Stromamplitude im Mobilfunkgerät und im Kopf des Benutzers:

Bei Geräten mit externer Antenne befinden sich die Strommaxima direkt auf der Antenne. Folglich führt dieser Ansatz zu externen Antennen, die sich auf der Rückseite des Gerätes befinden und oftmals vom Kopf des jeweiligen Benutzers weggebogen sind. Bei Geräten mit integrierter Antenne wird diese zweckmäßigerweise auf der dem Kopf abgewandten Seite der Leiterplatte im Inneren des Gehäuses des jeweiligen Mobilfunkgeräts untergebracht. Zusätzlich kann es zweckmäßig sein, diese Geräte möglichst dick auszubilden, um den Abstand zwischen der Leiterplatte und dem Kopf des Benutzers möglichst groß zu machen. Insbesondere wird der Abstand zwischen der Leiterplatte und dem Kopf des Benutzers dort maximiert, wo das Mobilfunkgerät direkt an der Backe des jeweiligen Benutzers aufliegt. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Leiterplatte relativ dicht an der Rückschale anzubringen und ihr einen möglichst großen Spaltabstand zur Oberseite zu geben. Eine zu große Geräteaufdickung ist in der Praxis für die Handlichkeit der Geräte allerdings unerwünscht. Zudem ist eine Verringerung der SAR-Werte mit diesem Ansatz für sich allein durch die vorgegebenen Dimensionen der Funkgeräte nur zu eingeschränkt möglich.

b) Abschirmung der elektromagnetischen Strahlungsleistung in Richtung Kopf des Benutzers:

Mit diesem Ansatz für sich allein wird die Richtstrahlcharakteristik der Funkkommunikationsgeräte in der Horizontalebene verändert. Die Richtwirkung sorgt dabei für eine verstärkte Strahlungsleistung in Richtung Geräterückseite und eine verringerte Strahlungsleistung in Richtung Kopf. Dieser Effekt ist bei integrierten Antennen erkennbar, die eine vollflächige Massefläche auf der Leiterplatte haben, die als Reflektor wirkt. Eine zu große Erhöhung der Richtwirkung ist allerdings bei Mobilfunkantennen nicht erwünscht und auch physikalisch begrenzt, da ansonsten der Sende- und Empfangsbetrieb zu stark gestört werden würde.

c) Absorption der elektromagnetischen Strahlungsleistung mit verlustbehaftetem Material in den für hohe SAR-Werte verantwortlichen Bereichen:

Dieser Ansatz für sich allein hat allerdings den Nachteil, dass aufwendig erzeugte Strahlungsleistung ggf. einfach wieder vernichtet wird. Dies führt zu einer verringerten Performance (Leistung) der Mobilfunkgeräte, insbesondere zu kürzeren Standby-By- und Talktime-Zeiten, was unerwünscht ist. Derartige Ansätze sind beispielsweise aus der EP 0 603 081 A1 bekannt.

d) Verringerung bzw. Verteilung der Hochfrequenzströme. Bei diesem Ansatz sind verschiedene Varianten in vorteilhafter Weise möglich:

i.) Ohne Veränderung des Funkgerätes wird einfach die abgestrahlte Leistung und damit auch

gleichzeitig eingestrahlte Leistung in den Kopf verringert. Dieser Ansatz für sich allein ist allerdings durch die vorgeschriebene minimal erforderliche Ausgangsleistung ausgereizt. Eine weitere Verringerung des SAR-Wertes erscheint somit nicht möglich.

ii.) Die Leiterplatte wird verbreitert. Eine Vergrößerung der Leiterplattenbreite bewirkt bei gleichbleibender Stromstärke in Längsrichtung der Leiterplatte eine Verringerung der Stromdichte und damit einen verringerten SAR-Wert. Dieser Ansatz für sich allein ist allerdings durch die vorgegebenen Dimensionen der Gehäuse für Mobilfunkgeräte für eine weitere Verringerung des SAR-Wertes nicht einsetzbar.

Patentansprüche

1. Funkkommunikationsgerät (MP) mit mindestens einer in einem Gehäuse (GH) untergebrachten Leiterplatte (LP) vorgegebener Längs-(L) sowie Querabmessung (B), und mit mindestens einer Antenne (AT1) zum Abstrahlen und/oder Empfangen von elektromagnetischen Funkstrahlungsfeldern, die an diese Leiterplatte (LP) angekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Leiterplatte (LP) mindestens ein zusätzliches, stromleitfähiges Korrektorelement (ZV1) derart angekoppelt und ausgebildet ist, dass für einen auf der Leiterplatte (LP) etwaig durch elektromagnetische Funkstrahlungsfelder der Antenne (AT1) hervorgerufenen elektrischen Strom (I(X)) eine gezielte, fiktive Stromwegverlängerung (WV) unter gleichzeitig weitgehender Beibehaltung der vorgegebenen Längs- und Querabmessung der Leiterplatte (LP) bewirkt ist.
2. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der Leiterplatte (LP) das zusätzliche Korrektorelement (ZV1) derart angekoppelt und ausgebildet ist, dass für den elektrischen Strom (I(X)) eine solche fiktive Stromwegverlängerung (WV) bewirkt ist, die zu einer gewünschten SAR-Wertreduzierung (specific absorption rate) im Umgebungsbereich der Leiterplatte (LP) führt.
3. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige zusätzliche Korrektorelement (ZV1) derart positioniert ist, dass seine gedachte orthogonale Projektion bezüglich der Bauelementbestückungsfläche der Leiterplatte (LP) im wesentlichen innerhalb einer durch die Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) der Leiterplatte (LP) aufgespannten Begrenzungsfläche (BF) liegt.
4. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige zusätzliche Korrektorelement (ZV1) in einem Raumbereich innerhalb, und/oder oberhalb, und/oder unterhalb, und/oder seitlich an der durch die Seitenränder (SRL, SRR, SRO, SRU) der Leiterplatte (LP) aufgespannten Begrenzungsfläche (BF) angeordnet ist.
5. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als stromleitfähiges Korrektorelement (ZV1) ein oder mehrere elektrische Drähte, mindestens eine ein- oder mehrlagige elektrisch leitfähige Folie, Beschichtung und/oder ein sonstiges elektrisch leitfähiges Flächenelement vorgesehen ist.
6. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das jeweilige Korrekturelement (ZV1) derart angekoppelt und ausgebildet ist, für einen elektrischen Strom ($I(X)$), der eine Hauptausrichtung entlang der Längserstreckung (L) der Leiterplatte (LP) aufweist, eine fiktive Stromwegverlängerung (WV) im wesentlichen in diese Richtung bereitgestellt ist.

7. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV1) im Bereich desjenigen stirnseitigen Endes der Leiterplatte (LP) angebracht ist, das dem stirnseitigen Ende der Leiterplatte (LP) mit dem Ankoppelbereich der Antenne (AT1) gegenüberliegt.

8. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte (LP) im wesentlichen rechteckförmig ausgebildet ist.

9. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterplatte (LP) eine größere Längserstreckung (L) als Breite (B) aufweist.

10. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV2) und die Antenne (AT2) an der Leiterplatte (LP) derart relativ zueinander angebracht sind, dass sie im wesentlichen zwei diagonal gegenüberliegenden, elektrisch wirksamen Eckbereichen der Leiterplatte (LP) zugeordnet sind.

11. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV1) sowie die Antenne (AT1) derart an der Leiterplatte (LP) angebracht sind, dass sie zusammen betrachtet eine elektrische Dachkapazität bilden.

12. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV1) durch ein U-profilartiges Verlängerungselement gebildet ist, das dachartig auf dem der Antenne (AT1) abgewandten stirnseitigen Ende der Leiterplatte (LP) aufsitzt.

13. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV1) durch ein stromleitfähiges Verlängerungselement gebildet ist, das ausgehend von der Leiterplatte (LP) in einen Raumbereich innerhalb, und/oder oberhalb, und/oder unterhalb der Begrenzungsfläche (BF) in ein oder mehreren Schichtebenen ein oder mehrfach umgefaltet und/oder umgebogen ist.

14. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV2) mäanderförmig ausgebildet ist.

15. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV3) durch die separate Antennenmasse einer PIFA (Planar-Inverted-F)-Antenne gebildet ist.

16. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV4) durch mindestens eine stromleitfähige Beschichtung auf der Akkueinheit (AK) des Funkkommunikationsgerätes gebildet ist.

17. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Korrekturelement (ZV6) als integraler Bestandteil der Platinenmasse der Leiterplatte (LP), insbesondere in Mäanderform, ausgeführt ist.

18. Funkkommunikationsgerät nach Anspruch 17, da-

durch gekennzeichnet, dass ein Teilbereich (ZV6) der Massefläche der Leiterplatte (LP) derart getrennt von dieser in derselben Lageebene ausgeführt ist, dass er wie eine Verlängerung des Stromweges wirkt.

19. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Korrekturelement (ZV2) eine derartige Längserstreckung aufweist, dass sich für einen etwaig entlang der Längsrichtung (X) der Leiterplatte (LP) fließenden elektrischen Strom ($I(X)$) eine fiktive Wegverlängerung (WV) um das 1,1 fache bis 1,5 fache der ursprünglichen Längsausdehnung (L) der Leiterplatte ergibt.

20. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne (AT1) als $\lambda/4$ -Antenne oder PIFA (Planar Inverted F)-Antenne ausgebildet ist, die zusammen mit der Leiterplatte (LP) einen Strahlungsdipol bildet.

21. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne (AT3) als eine im wesentlichen planare Innenantenne ausgebildet ist.

22. Funkkommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 1 mit 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne (AT2) als eine aus dem Gehäuse (GH) nach außen abstehende Stabantenne ausgebildet ist.

23. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige Korrekturelement (KV1) galvanisch, kapazitiv, induktiv und/oder gestrahlt an die Leiterplatte (LP) angekoppelt ist.

24. Funkkommunikationsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Korrekturelemente als Metallisierung der Gehäuseschalen (GH) und/oder anderer Teile des Funkkommunikationsgerätes ausgeführt ist, und dass diese an das Massesystem des Funkkommunikationsgerätes angebunden sind.

25. Leiterplatte (LP) mit mindestens einem Korrekturelement (KV1-KV6) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

26. Mobilfunkgerät oder Schnurlostelefon mit mindestens einer Leiterplatte nach Anspruch 25.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

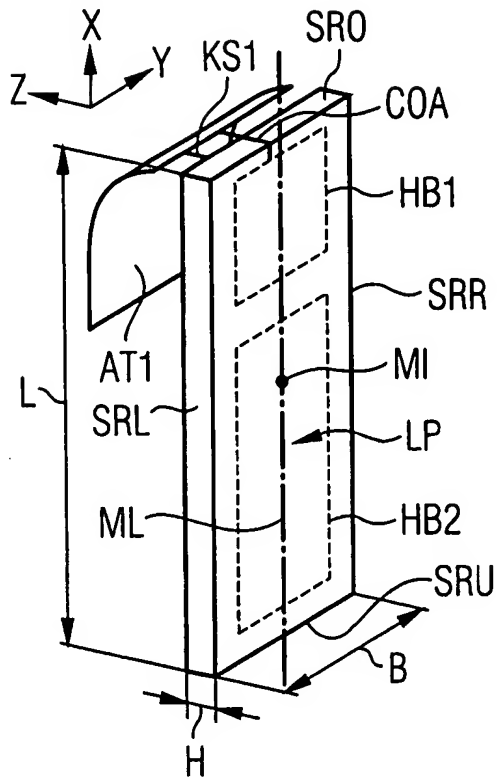


FIG 2

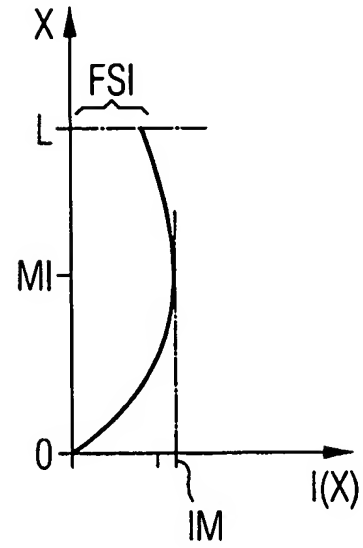


FIG 3

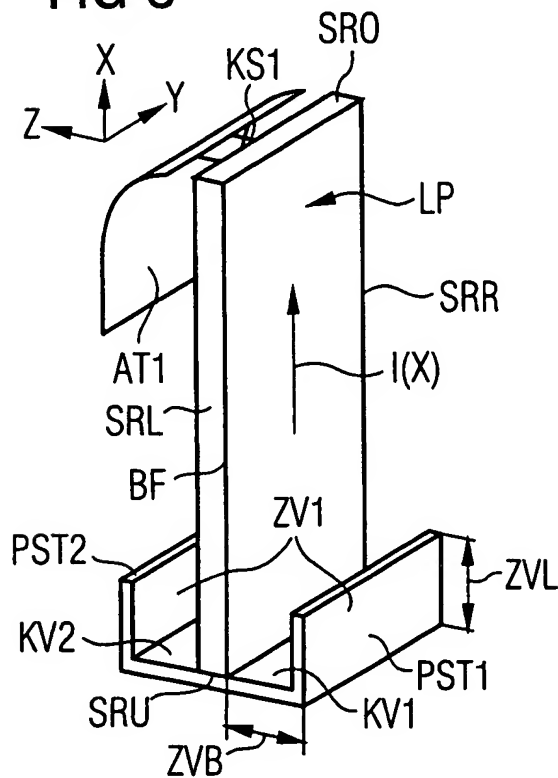


FIG 4

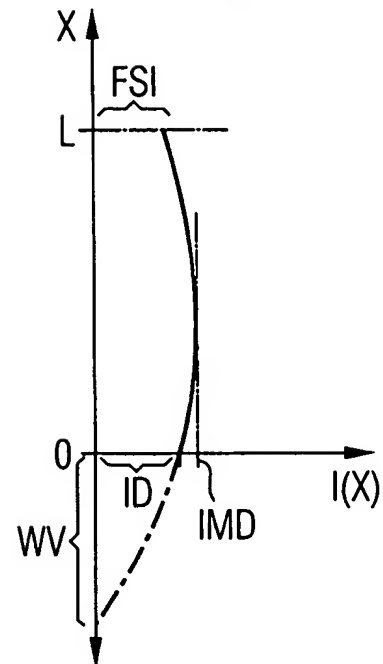


FIG 7

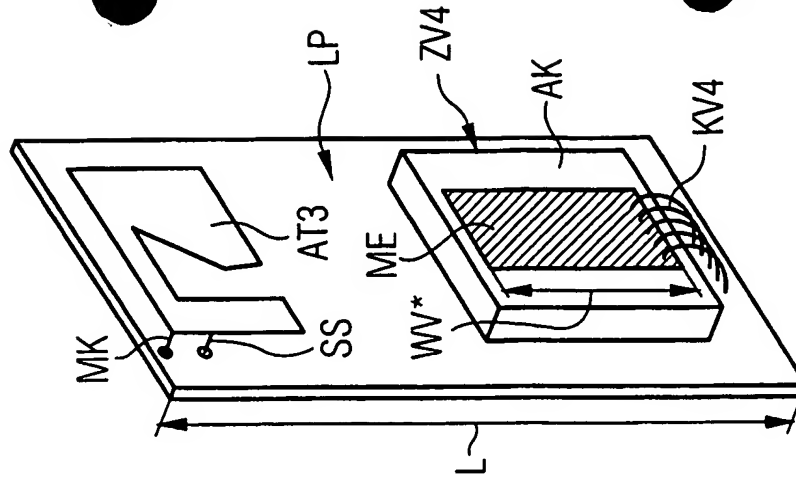


FIG 6

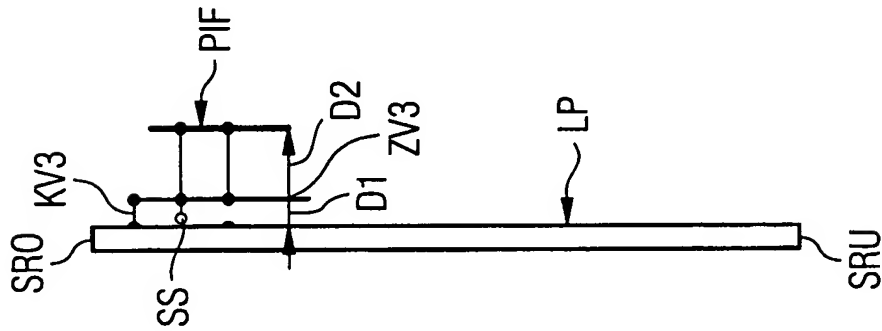


FIG 5

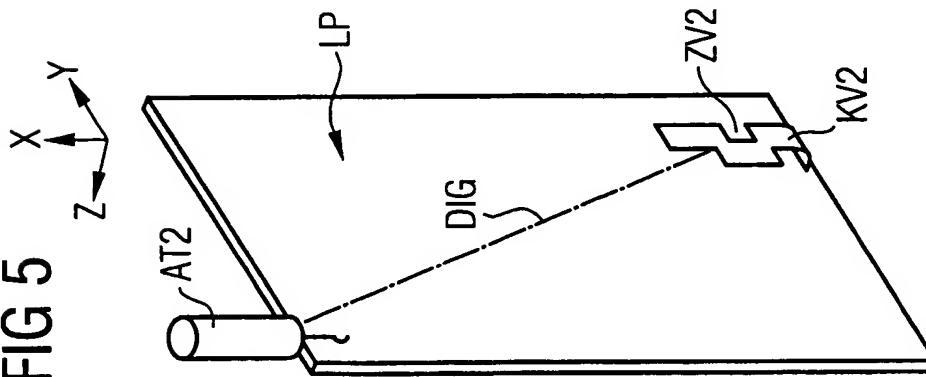


FIG 8

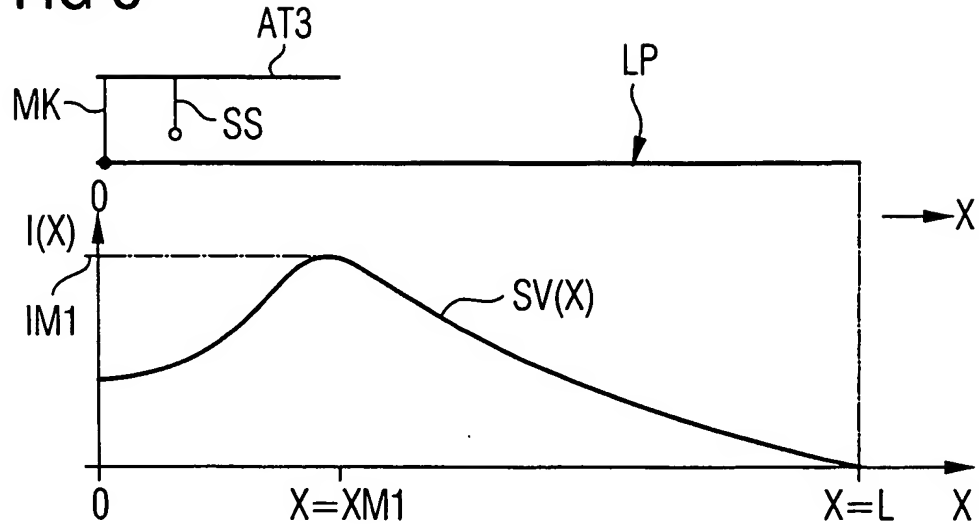


FIG 9

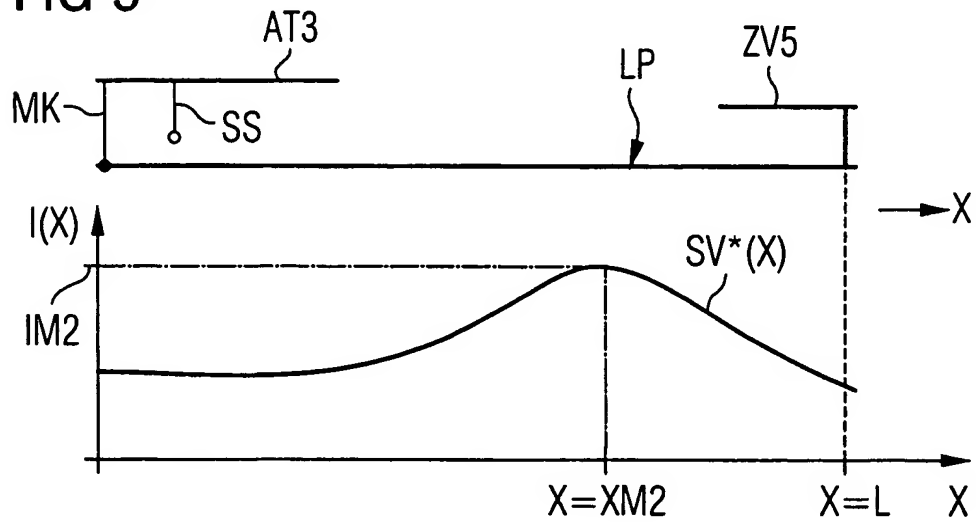


FIG 10

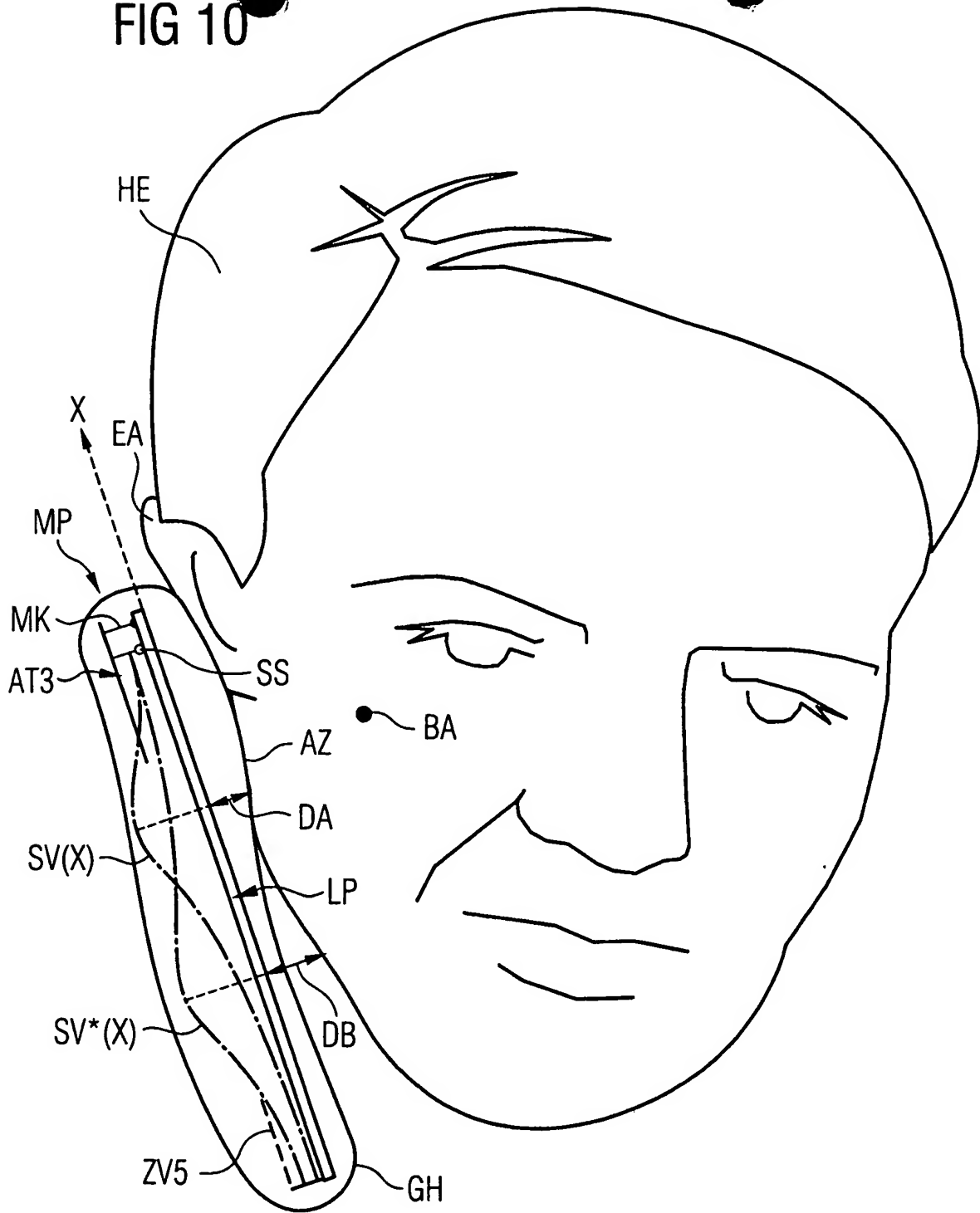


FIG 11

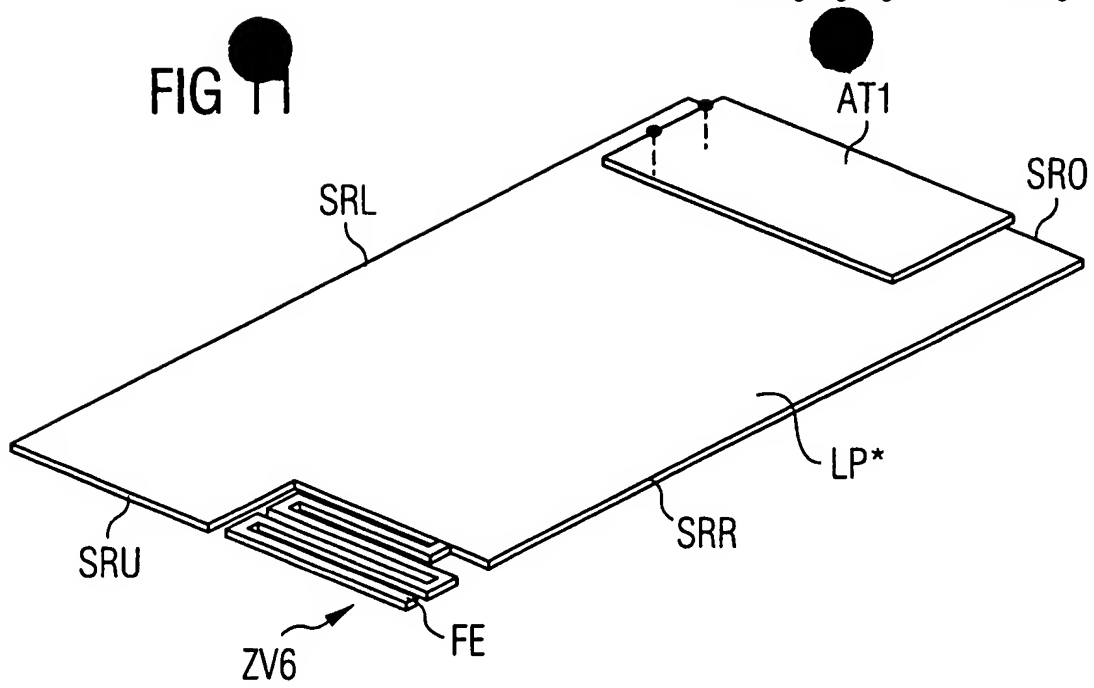


FIG 12

